

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫДЕРЖКИ ПРИ НАГРЕВЕ ТИТАНОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА

*Семкина Я.А.*

*Руководитель – профессор, к.т.н Демаков С.Л.*

УрФУ имени первого президента Б.Н.Ельцина ИММТ г.Екатеринбург  
**demakof@mail.ru**

Методами оптической микроскопии, дюротрии и рентгеновского фазового анализа проведено определение оптимального времени выдержки при нагреве полуфабрикатов толщиной 4 мм из сплава ВТ8М обнаружено, что для стабилизации фазового и структурного состава необходима выдержка не менее 30 минут.

## ВВЕДЕНИЕ

Жаропрочные двухфазные ( $\alpha+\beta$ )-титановые сплавы, к которым относится и исследуемый в работе сплав ВТ8М, широко используются в авиационной технике для изготовления деталей двигателя, работающих при повышенных температурах [1]. Эти сплавы отличает хорошая технологичность, способность к упрочнению при использовании операций упрочняющей термической обработки. При этом комплекс эксплуатационных свойств изделий типа лопаток из этих сплавов, во многом, будет определяться формируемым структурным и фазовым состоянием в конечном продукте в ходе технологических операций изготовления [2]. Целью работы являлось определение оптимального времени выдержки при нагреве под закалку изделий из сплава ВТ8М.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования служили темплеты штамповок толщиной 4 мм. Химический состав, коэффициент  $\beta$ -стабилизации и температура полиморфного превращения сплава приведены в таблице 1.

Таблица 1 Химический состав, коэффициент  $\beta$ -стабилизации, температура полиморфного превращения исследуемого сплава

Сплав	Содержание элементов, масс. %										$K_{\beta}$	$T_{пп}, ^\circ\text{C}$
	Al	Mo	Si	Fe	Zr	O	C	N	H	Ti		
ВТ8М	5,7	3,99	0,2	0,09	0,02	0,11	0,01	0,01	0,002	Осн.	0,36	973

Образцы нагревались под закалку при температуре  $T_{пп}-50^\circ\text{C}$ , в течение 10, 20, 30, 40 минут. Охлаждение проводилось по двум вариантам: в воде и на воздухе.

Основными методами исследования служили оптическая металлография, рентгеноструктурный фазовый анализ, дюрOMETрические испытания.

Металлографический анализ осуществляли с применением оптического микроскопа «Olympus GX51» при увеличениях 50...1000 крат. Рентгеноструктурный фазовый анализ проводили на установке «Bruker Advance-D8» в медном излучении ( $K_{\alpha\text{cp}} = 0,154178$  нм) в диапазоне углов отражения  $2\theta = 30...126^\circ$  при напряжении 40 кВ и силе тока 40 мА. Определение характеристик дифракционных линий проводили с помощью программы «Eva», а периодов кристаллических решеток  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз – в программном пакете TOPAZ. МикродюрOMETрические характеристики определяли с помощью твердомера Zwick по шкале HRA.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результат металлографического анализа приведен на рис. 1. Отличий в структуре образцов закаленных в воду не обнаружено. При охлаждении на воздухе заметна разница в интенсивности травления участков  $\beta$ -превращенной структуры. При меньшем времени выдержки в  $\beta$ -зернах обнаружены пластинки похожие на мартенситные, при этом остаются светлые слаботравящиеся участки. При выдержке 40 минут все  $\beta$ -зерна интенсивно травятся, что говорит о прохождении распада во время охлаждения образцов.

ДюрOMETрический анализ (рисунок 2) не выявил различий в зависимости от времени нагрева, поскольку все значения изменялись в пределах одной единицы HRA. Более высокими значениями твердости характеризуются образцы, охлажденные на воздухе, вследствие прохождения распада высокотемпературной  $\beta$ -фазы с образованием упрочняющих дисперсных продуктов превращения.

Наиболее показательные данные получены с помощью рентгеноструктурного анализа (рисунок 3). Из приведенных дифрактограмм образцов закаленных в воду следует, что фазовый состав отвечает формуле  $\alpha + \alpha''$  – мартенсит. По изменению ромбичности мартенсита можно судить об обогащении исходной  $\beta$ -фазы. При возрастании легированности высокотемпературной фазы  $\beta$ -стабилизаторами возрастает и ромбичность мартенсита. В нашем случае по мере увеличения времени выдержки ромбичность мартенсита снижается, что говорит об обеднении  $\beta$ -фазы и увеличении ее объемной доли. Это и должно происходить из-за растворения первичных  $\alpha$ -выделений.

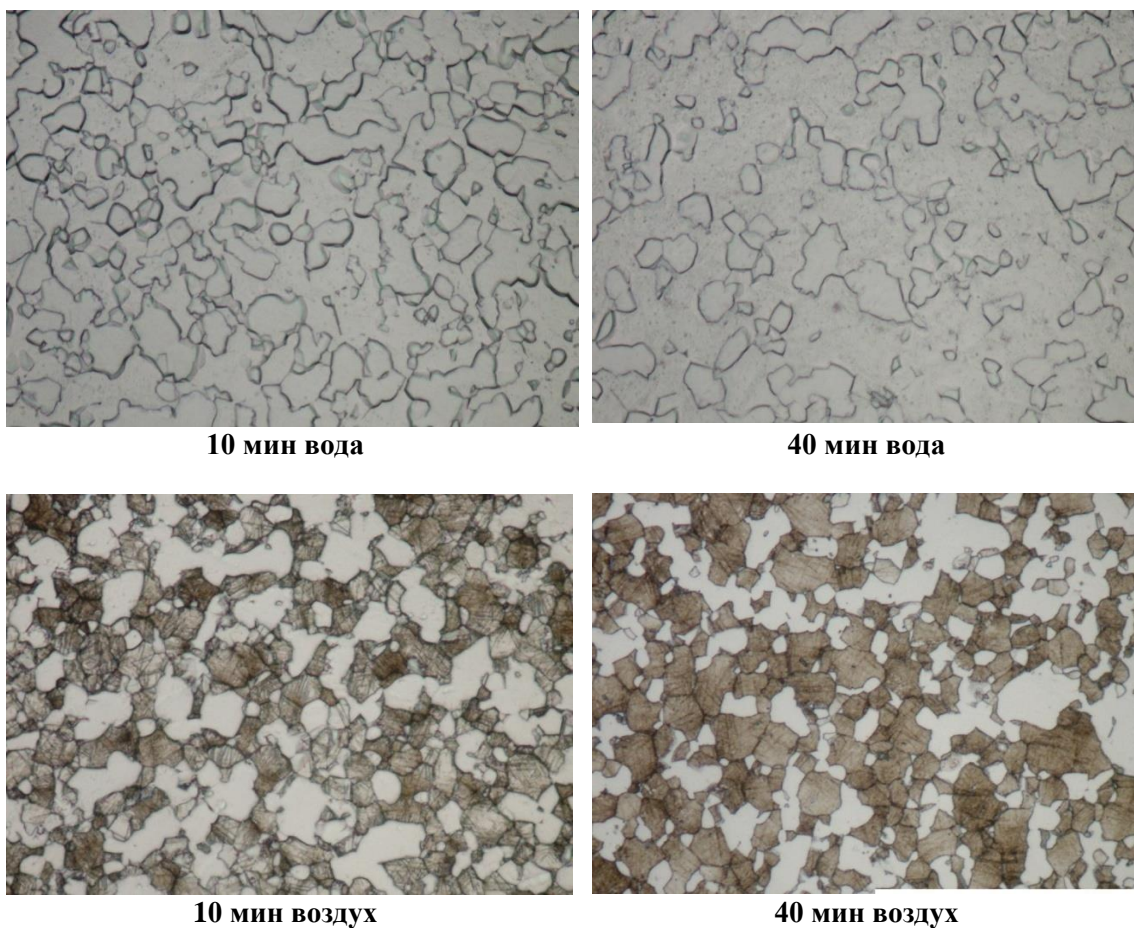


Рисунок 1. Микроструктура образцов сплава ВТ8М при различном времени выдержки нагрева под закалку с температуры  $T_{пп-50^{\circ}\text{C}}$ ,  $\times 500$ .

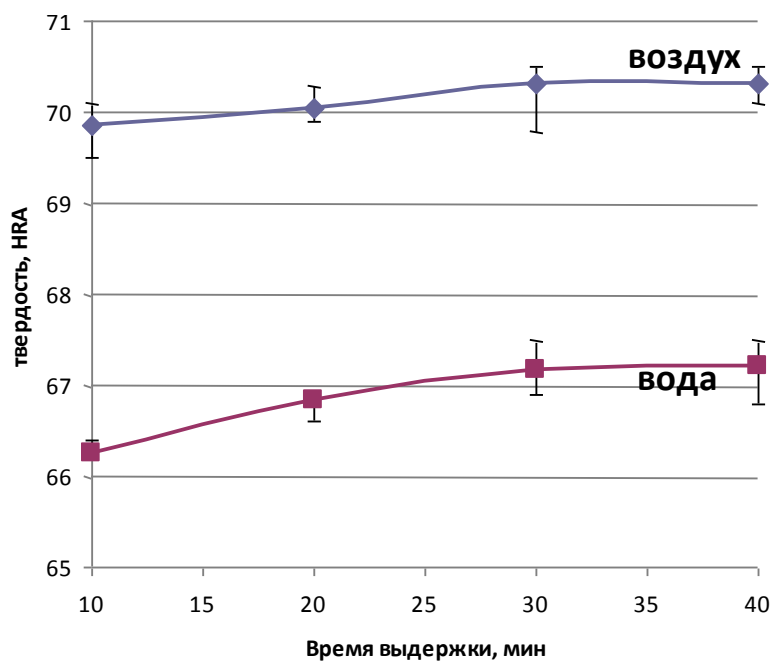


Рисунок 2. Изменение твердости образцов сплава ВТ8М при различном времени выдержки нагрева под закалку с температуры  $T_{пп-50^{\circ}\text{C}}$ .

При достижении равновесного состояния растворение  $\alpha$ -фазы прекращается и показатели объемной доли и легированности  $\beta$ -фазы остаются неизменными. Время выдержки до 30 минут не гарантирует стабильность фазового состава и при охлаждении на воздухе. Дифрактограммы, приведенные на рисунке 3б, демонстрируют различное положение и уширение линий как  $\alpha$ , так и  $\beta$ -фаз. При этом дифрактограммы образцов с выдержками 30 и 40 минут совпадают.

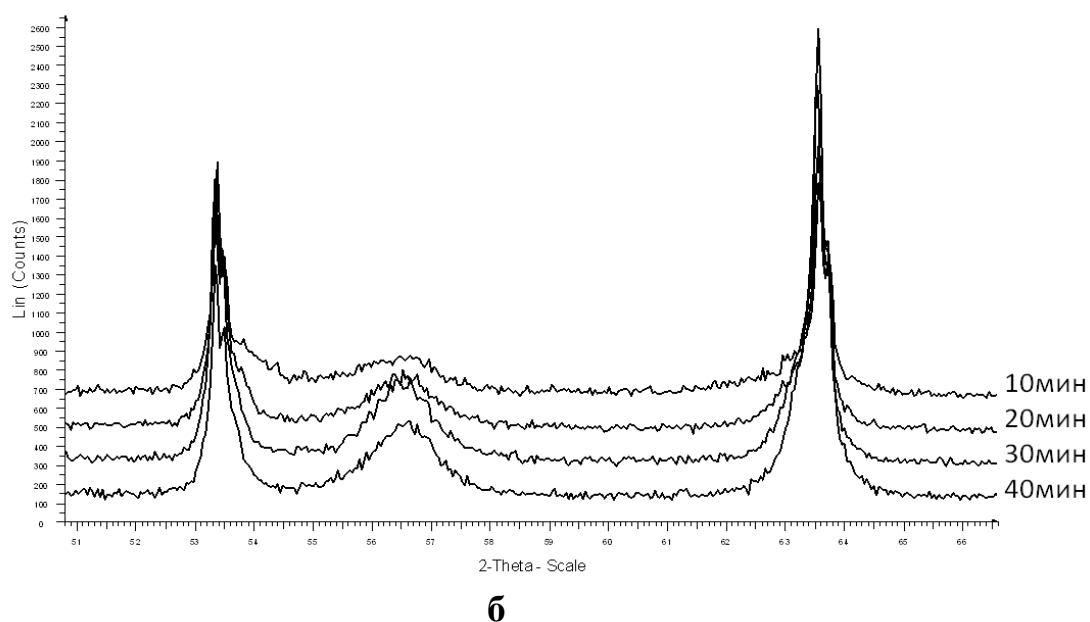
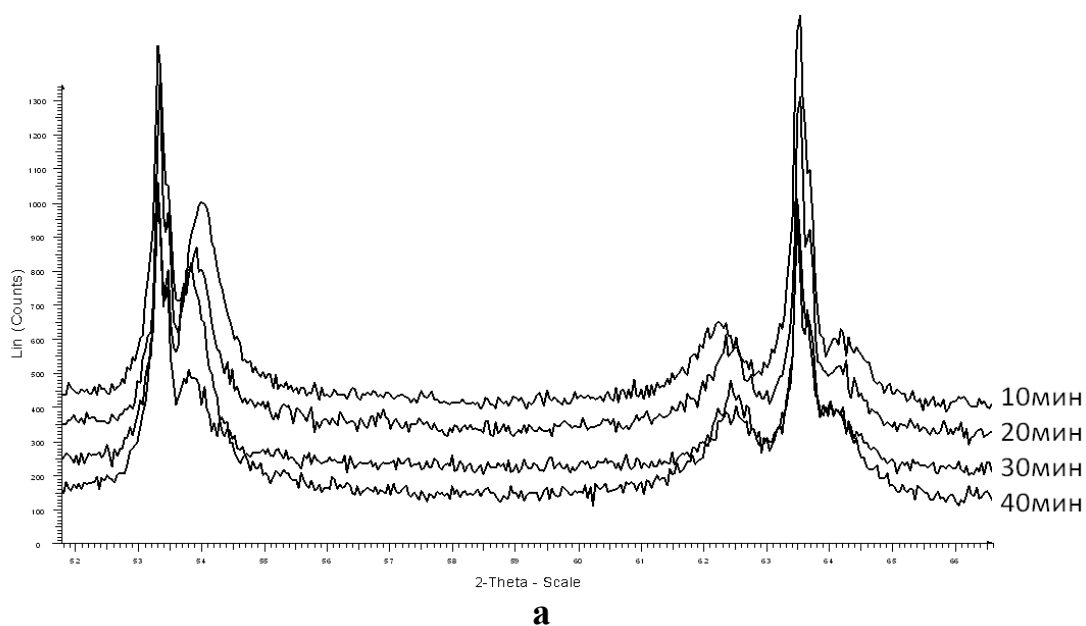


Рисунок 3. Дифрактограммы образцов сплава VT8М при различном времени выдержки нагрева под закалку с температуры  $T_{пп-50^{\circ}\text{C}}$ ,  
а – охлаждение в воде, б – на воздухе

Из полученных данных вытекает, что стабилизация структуры при нагреве достигается при времени выдержки – 30 минут, для сечения 4мм, при нагреве в камерной печи на воздухе. Отметим, что применение более длительных времен не рационально из-за роста оксидного и альфированного слоев.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При нагреве полуфабрикатов из сплава ВТ8М под термообработку следует учитывать изменения фазового состава, протекающее во время выдержки. Для полуфабрикатов и изделий сечением 4мм рекомендовано время выдержки – 30 минут при нагреве в верхнем диапазоне  $\alpha+\beta$  - области.

Работа проведена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки в рамках выполнения госзадания УрФУ №2014/236.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Солонина О.П., Глазунов С.Г. Жаропрочные титановые сплавы. М.Металлургия, 1976, 448 с.
2. Попов А.А. Структура и свойства титановых сплавов. Ч.1 Процессы формирования структуры. Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2008, 138 с.